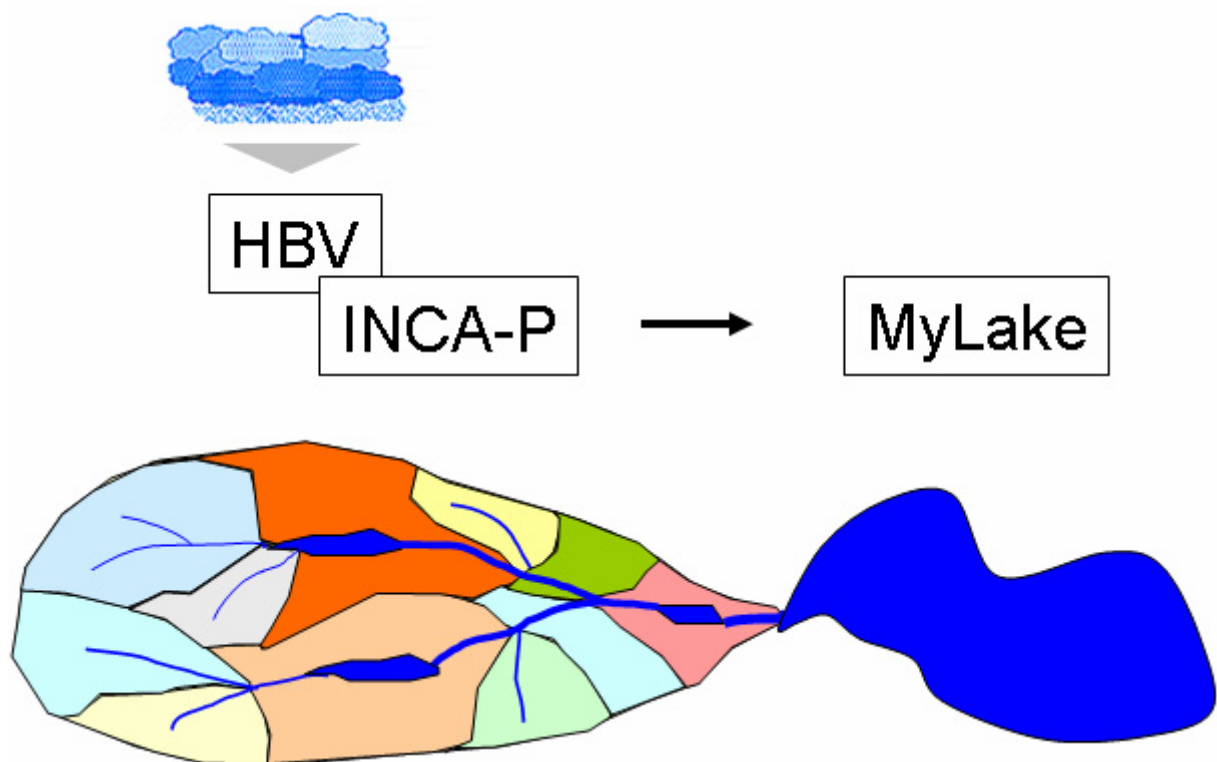




RAPPORT LNR 5317-2006

Anvendelse av INCA-P og MyLake i tiltaksplanlegging



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
NO-0349 OSLO
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Anvendelse av INCA-P og MyLake i tiltaksplanlegging. En vurdering av egnethet og veiledning ved innhenting og formattering av data.	Løpenr. (for bestilling) 5317-2006	Dato 31. desember 2006
	Prosjektnr. Undernr. O-26093	Sider Pris 27
Forfatter(e) Tor Haakon Bakken, Øyvind Kaste, Tuomo Saloranta og Line J. Barkved	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse
---------------------------------	--------------------------

Sammendrag: Dette studiet har vurdert og sammenholdt egnetheten av modellverktøyene INCA-P og MyLake i tiltaksplanlegging mot uønsket eutrofiering. Det er gjort en teoretisk vurdering av hvilke typer tiltak som modellene synes å være i stand til å representere, gjennom en tenkt manipulering av inngangsdataserier og/eller modellparametere. Videre har modellenes databehov og -kilder blitt systematisert og omtalt med utførlige beskrivelser om tilgang, datakvalitet, dekningsgrad, osv. Rapporten beskriver også hvordan rådata kan bearbeides for å tilpasses de formater modellene krever. INCA-P later til å representere arealtiltak i landbruket på en god måte. Modellen er areal-distribuert og data om gjødsling legges direkte inn i modellen som enkelt utbyttbare tidsserier. Analyser av effekten av endret arealbruk synes også enkelt å kunne utføres med INCA-P. Videre kan modellen også benyttes til å vurdere effekten av en endring i utslipp fra punktkilder og spredt bebyggelse. MyLake vil ved en integrering settes opp som en nedstrøms modell av INCA-P og endringer i tilførsler fra INCA-P vil inkluderes som nye og oppdaterte inngangsdata til MyLake. Det later også til at MyLake kan benyttes til å simulere innsjøinterne tiltaket som for eksempel fortynning/utspyling med renere vann, destratifisering og manipulering av fosforrikt sediment. INCA-P og MyLake har sammenfallende simuleringsvariable, kjøres på samme tidsoppløsning og har en likeverdig detaljeringsgrad i prosesbeskrivelsene. Dette gir en effektiv integrering og kan gjøre INCA-P/MyLake til et meget nyttig verktøy i tiltaksplanlegging og i klimaeffektstudier.

Fire norske emneord 1. Tiltaksanalyse 2. Integrert modellering 3. Eutrofiering 4. Datainnhenting	Fire engelske emneord 1. River Basin Management Plans 2. Integrated modelling 3. Eutrophication 4. Data acquisition
---	--

Tor Haakon Bakken

Tor Haakon Bakken
Prosjektleder

Merete Ulstein

Merete Ulstein
Forskningsleder

Jarle Nygaard

Jarle Nygaard
Fag- og markedsdirektør

Anvendelse av INCA-P og MyLake i tiltaksplanlegging

En vurdering av egnethet og veiledning ved innhenting
og formattering av data

Forord

Prosjektet som er rapportert i foreliggende dokument inngår som en større strategisk satsning innen tiltaksplanlegging og økologisk modellering og er ett av flere prosjekter som tilsammen bidrar til å heve kompetansen og forbedrer verktøyene innenfor disse fagområdene på NIVA.

Denne studien er gjennomført og rapporten skrevet ved bruk av midler fra NIVAs strategiske basisbevilgning. Undertegnede vil med dette takke NIVA for å ha prioritert dette arbeidet i konkurranse med andre gode forsknings-, utviklings-, og kompetansebyggingsprosjekter.

Undertegnede vil også takke medarbeidere ved NIVA som har bidratt til å gjennomføre prosjektet, og da spesielt medforfatterne av foreliggende rapport.

Oslo 31. desember 2006

Tor Haakon Bakken
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Rapportens formål	7
1.2 INCA-P – en kort beskrivelse	7
1.3 MyLake – en kort beskrivelse	8
1.4 Integrert modellering	8
2. Datainnhenting og formattering	11
2.1 Datainnhenting	11
2.2 Hypsografisk kurve for nedbørfeltet basert på DEM	16
2.3 Om bearbeiding av arealbruksdata i GIS	17
2.4 Om interpolering av data i tid og rom	18
2.5 Bruk av erfaringsdata fra landbruket	19
3. Modellenes egnethet i tiltaksplanlegging	20
3.1 Modellering av tiltak i nedbørfeltet	20
3.2 Modellering av tiltak i innsjøer	23
3.3 Simulering av scenarier for framtidige endringer i klima	24
3.4 Følsomhets- og usikkerhetsanalyser	24
4. Referanser	26

Sammendrag

Dette studiet har vurdert egnetheten av INCA-P og MyLake i tiltaksplanlegging mot uønsket eutrofiering. Det er gjort en teoretisk vurdering av hvilke typer tiltak som modellene synes å være i stand til å representere, gjennom en tenkt manipulering av inngangsdataserier og/eller modellparametere. Videre har modellenes databehov og -kilder blitt systematisert og omtalt med utførlige beskrivelser om tilgang, datakvalitet, dekningsgrad, osv. Rapporten beskriver også hvordan rådata kan bearbeides for å tilpasses de formater modellene krever.

INCA-P later til å representere arealtiltak i landbruket på en god måte. Modellen er areal-distribuert og gjødsling legges direkte inn i modellen som tidsserier som enkelt kan byttes ut med serier som representerer et annet gjødslingsnivå, endret fordeling mellom uorganisk og organisk gjødsling eller endret periodisering av gjødslingen. Analyser av effekten av endret arealbruk synes også enkelt å kunne utføres med INCA-P. Videre kan modellen også benyttes til å vurdere effekten av en endring i utslipp fra punktkilder og spredt bebyggelse. Dette krever imidlertid at modellering/ekspertvurderinger av tiltakets effekt på selve kilden (oppgradert rensing, utbedring av overløp, etc) må gjøres utenfor INCA-P.

MyLake vil ved en integrert anvendelse av INCA-P og MyLake settes opp som en nedstrøms modell av INCA-P. Endringer i tilførsler fra INCA-P vil enkelt inkluderes som nye og oppdaterte inngangsdata til MyLake. Enkelte innsjøinterne tiltak som for eksempel fortynning/utspyling med renere vann, destratifisering og manipulering av fosforrikt sediment, vil også kunne simuleres i MyLake gjennom endring i parametere som representerer de antatt påvirkede prosesser. Både INCA-P og MyLake vil kunne være nyttige analyseverktøy i klimaeffektstudier, da meteorologiske data er viktige pådrivsdata i begge modellene. Det må imidlertid understrekes at ingen av modellene er verifisert direkte mot gjennomførte tiltak i nedbørfelt, noe det også er stor mangel på blant lignende modeller internasjonalt.

Utviklingen av INCA-P har til en stor grad fulgt samme filosofi som utviklingen av MyLake. Ideen bak INCA-P har vært å utvikle en modell som representerer de viktigste prosessene i et nedbørfelt, uten omfattende krav til inngangsdata. Foreliggende versjon av modellen (1.4.6) består imidlertid av delrutiner som kjøres utenfor selve "skallet" til INCA-P, noe som vanskeliggjør kjøring av et stort antall simuleringer som f.eks. kreves i forbindelse med automatisk kalibrering, og sensitivitets-/ usikkerhetsanalyser. MyLake støtter pr i dag slike typer analyser meget godt. En forestående utvikling forventes å forbedre muligheten til å utføre slike modellanalyser også av INCA-P.

Selv om modellintegreringen av MyLake og INCA-P ikke er utført i praksis, har denne studien avdekket mange fellestrekk ved modellene som taler for en vellykket integrering. De simulerte variablene i modellene passer hverandre godt, begge modellene simulerer med døgnoopløsning og modellenes detaljeringsgrad i prosessbeskrivelsene er sammenfallende. Disse aspektene peker i retning av en effektiv integrering og kan gjøre INCA-P/MyLake til et meget nyttig verktøy for å studere og predikere effekter av forskjellige tiltak mot eutrofiering, samt langtidseffekter av fremtidige klima- og landbruksendringer i innsjøer og vassdrag.

Summary

Title: Application of INCA-P and MyLake in river basin planning. An evaluation of the suitability of the tools, and guidance to data acquisition and data formatting.
Year: 2006
Authors: Tor Haakon Bakken, Øyvind Kaste, Tuomo Saloranta and Line J. Barkved
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5049-2

Summary: This study has evaluated the suitability of INCA-P and MyLake in eutrophication abatement studies. The study evaluated what types of pollution mitigative measures the models are able to represent, by a manipulation of the input dataseres and/or the model parameters. Furthermore, the models' data requirements and their data sources have been described by the access to the data, the data quality, coverage, etc. The report also gives instructions and guidance in the data preparation and order to facilitate the data formats required by the models.

INCA-P seems to represent measures to mitigate diffuse source pollution from the agriculture in an appropriate way. The model is area-distributed and fertiliser data can be directly inserted in the model as timeseres that can easily be replaced. Analysis of the effects of changes in land use can also easily be supported by INCA-P. Furthermore, the model can be used to simulate the effect of reduction in point source pollution and from scattered dwellings. During an integrated modelling application, MyLake will be the downstream model of INCA-P and changes in output from INCA-P will be included in MyLake as new and updated input data. It also seems like MyLake seems capable of simulating in-lake measures like dilution/flushing of less polluted water, destratification and manipulation of phosphorus-rich sediments. INCA-P and MyLake have concurrent simulation variables, are both run on daily time steps, and have an equivalent level of complexity in the process descriptions. These aspects make a future integration of the models promising, and will make the INCA-P/MyLake simulation package a very useful tool in pollution abatement planning as well as in climate change studies.

1. Innledning

1.1 Rapportens formål

Hensikten med dette prosjektet og denne rapporten har vært:

- Å vurdere egnetheten til INCA-P og MyLake innen tiltaksplanlegging mot uønsket eutrofiering. Prosjektet har bidratt til å klargjøre hvilke typer tiltak og scenarier modellene synes egnet til å simulere. Det argumenteres for modellenes egnethet basert på detaljert kjennskap til modellenes struktur og hvilke parametere/inngangsdata modelløren kan manipulere, samt de erfaringene som finnes gjennom de faktiske anvendelsene av modellene.
- Å ”strømlinjeforme” prosessen ved anvendelse av INCA-P og MyLake. Innsamling og formattering av data og konfigurering av modellene representerer et relativt stort tidsforbruk ved anvendelse av modellene. Denne rapporten gir en oversikt over de dataene modellene krever, hvor dataene finnes og hvordan de enklest formatteres for å møte modellenes krav til dataformater. En effektivisering av ”produksjonsprosessen” synes også nødvendig for å gjøre salg av modellapplikasjoner, som en del av tiltaksplanarbeidet, til lokale og regionale myndigheter mulig.

Gjennomføring av tiltaksplaner innebærer imidlertid ikke kun å simulere effekten av et sett relevante forurensningsbegrensende tiltak på vannkvaliteten. En innledende analyse vil ofte innebære å fastsette historiske konsentrasjoner og belastninger utover hva observasjonene kan fortelle. Modeller kan også i slike analyser være viktige verktøy. Denne rapporten vil derfor være til nytte også til slike anvendelser da kravet til inngangsdata for simulering av tiltak og historiske verdier er nær sammenfallende.

1.2 INCA-P – en kort beskrivelse

INCA-P er en modell som ligger mellom de ytterlighetene i kompleksitet som ”source apportionment” metoden (se for eksempel Bakken et al, 2006) og SWAT modellen (Neitsch et al., 2002) representerer. Filosofien bak INCA-P (Wade et al., 2002) har vært å utvikle en modell som representerer de viktigste prosessene som bestemmer fosfordynamikken både på land og i vann (i transportveiene til større resipienter), samtidig som kravet til inngangsdata holdes på et beskjedent nivå og modellstrukturen er enkel. Modellen beregner den temporære variasjonen (på døgnbasis) av vannføring, total P og løst fosfat i definerte vassdragsavsnitt basert på data om meteorologi, arealbruk, gjødsling (mengde, tidspunkt) og utslipp fra punktkilder. Modellen er semi-distribuert, noe som innebærer at vassdraget kan deles inn i og simuleres på delnedbørfeltnivå. Innenfor hvert delnedbørfelt kan det defineres opptil 6 forskjellige areal-kategorier. INCA-P produserer i seg selv viktige resultater, men avleverer også viktige inngangsdata til resipientmodeller.

En ny og forbedret versjon av INCA-P er under utvikling. Den nye versjonen vil bedre representere relevante hydrologiske prosesser under skandinaviske forhold, noe som skal løses ved å inkludere beregningsrutiner fra HBV-modellen (Sælthun, 1996), en semi-distribuert hydrologisk modell som hovedsakelig simulerer vannføring. I forbindelse med

NIVA's Klima-SIP ble det utviklet en versjon av HBV, basert på HBV versjon 3.24 fra 1999, som også inkluderer HER (Hydrological Effective Rainfall) og SMD (Soil Moisture Deficit) i resultatfilen i tillegg til standard HBV-resultater (Kaste et al., 2006).

Det forventes at den neste versjonen av INCA-P også vil ivareta avrenning av partikkelbundet fosfor fra flater og erosjonsfosfor fra elveløpet. Denne rapporten er imidlertid primært skrevet basert på versjon 1.4.6 av modellen.

1.3 MyLake – en kort beskrivelse

Innsjømodellen MyLake (Multi-year Lake simulation model; Saloranta og Andersen, 2004; 2006) er en 1-dimensjonal mekanistisk modell for simulering av innsjøtemperatur, is/snødekke, og fosfor-planteplankton dynamikk. Den 1-dimensjonale tilnærmingen betyr at modellen ikke kan simulere horisontale variasjoner av tilstandsvariablene innen innsjøen, men simulerer kun gjennomsnittlige vertikale profiler av disse. Modellen er kodet i en profesjonell simuleringssoftware (MATLAB), og den bruker daglige tidssteg. MyLake har dermed rask simuleringstid, hvilket muliggjør bl.a. automatisk kalibrering, følsomhets- og usikkerhetsanalyser, og lange scenarietekjøring. Modellstrukturen i MyLake er relativt lite komplisert og vil være velegnet for koblingen/integreringen til INCA-P. MyLake har ikke noe grafisk grensesnitt, men er et kommandolinjebasert modellverktøy, der modellapplikasjoner (kalibrering, lagring og analyse av resultater, produksjon av figurer, etc.) bygges opp i form av "skript", dvs. tekstfiler av samlinger av MATLAB-kommandoer. Dermed krever oppbyggingen av nye (og modifisering av gamle) modellapplikasjoner noe kunnskap i programmering i MATLAB. Selv om dette kanskje kan høres noe tungvint ut, gir dette samtidig stor fleksibilitet og enkel tilgang til å modifisere modellen og presentasjonen av modellresultater etter behov, samt god reproduserbarhet av modelloppsett og resultatene i form av skript. MyLake er allerede blitt anvendt i flere internasjonale og nasjonale prosjekter (BMW, EUROLIMPACS, THERMOS, Vansjø-prosjektet), og det er stadig flere brukere av modellen både i Norge og Finland.

1.4 Integrert modellering

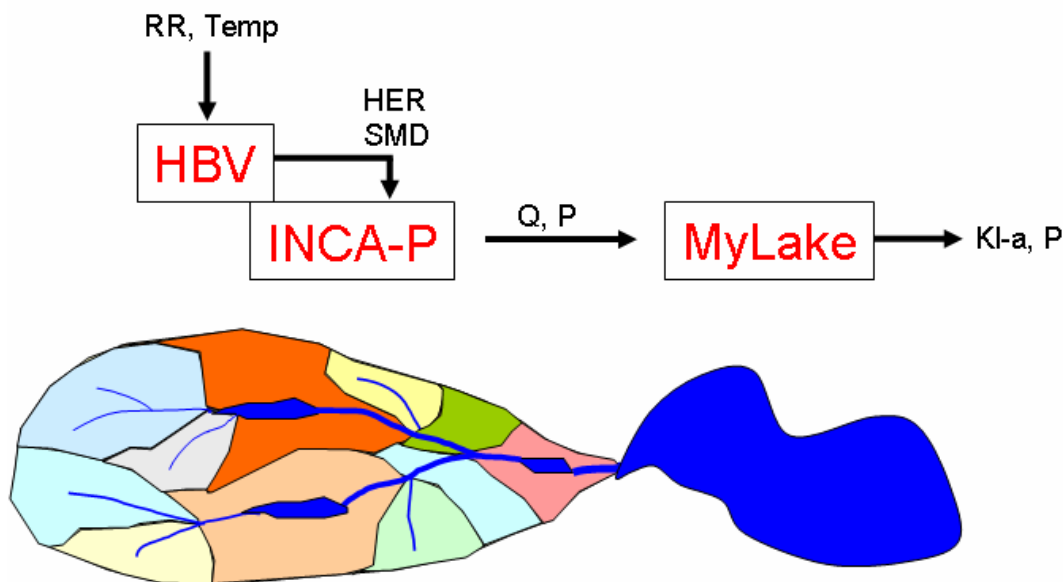
Med integrert nedbørfeltmodellering menes det i denne rapporten en helhetlig og sammenkoblet modellering av prosesser i nedbørfeltet, gjennom transportveier og ut i hovedresipient. I en problemfokustert anvendelse innebærer dette at man modellerer problemet, i vårt tilfelle utslipp/avrenning av fosfor, fra kilden til selve problemlokaliteten.

Teknisk sett innebærer integrert modellering at 2 eller flere modeller i en eller annen form er knyttet sammen. En avansert form for integrering innebærer at modellene er sømløst integrert i hverandre gjennom et felle brukergrensesnitt og at de implementerte prosessene er koblet sammen også gjennom tilbakeføringsmekanismer. Eksempler på dette er Delft Hydraulics' SOBEK-modeller (www.sobek.nl/prod/index.html) og DHIs forskjellige MIKE-modeller (www.dhigroup.com/Software.aspx).

En løsere form for integrering, som er slik INCA-P og MyLake pr nå integreres er i form av at oppstrøms modell (INCA-P) kjøres og modellresultater genereres. Disse resultatene, i form av flate filer, hentes opp som inngangsdata til neste modell. Modellene har ikke noe felles

grensesnitt og det er ingen tilbakeføringsmekanismer mellom prosesser representert i modellene.

Den framtidige utviklingen av INCA-P mhp hydrologi innebærer at deler av HBV skal kunne kjøres sømløst innenfor "skallet" til INCA-P. Pr i dag kjøres HBV som en separat eksekverbar kode for å generere inngangsdatafiler til INCA-P.



Figur 1.1. Figuren viser skjematisk integreringen mellom modellene HBV, INCA-P og MyLake (rød skrift i bokser). RR og Temp inn mot HBV står for nedbør og temperatur, HER og SMD ut av HBV er forkortelser for "hydrological effective rainfall" og "soil moisture deficit". Resultatene fra INCA-P (Q, P) symboliserer henholdsvis vannføring og fosfor, mens Kl-a og P ut av MyLake står for klorofyll-a (klorofyll a gir et mål for algebiomasse) og fosfor.

Nedbør (RR) og temperatur (Temp) er de viktigste drivende dataene som går inn i HBV, hvor vannføring (Q) som regel er viktigste utgangsdata. Hensikten med å implementere deler av HBV i INCA-P har imidlertid vært å framskaffe bedre estimater på hydrologisk effektiv nedbør (HER). HER er den delen av nedbøren som bidrar til avrenning fra et nedbørfelt. I denne sammenheng er det derfor dette resultatet som går videre inn i INCA-P. INCA-P produserer en rekke utgangsdata, men vannføring, Total P og SRP (løst, reaktivt fosfor) er de viktigst i forhold til en integrering med MyLake.

Pådrivsdata (inngangsdataene) fra nedbørfeltet som MyLake bruker er tidsserier av vannføring (døgnmiddel) samt temperatur og konsentrasjoner av TotP, klorofyll, løst organisk P, og suspendert stoff i denne vannføringen. I tillegg, for disse pådrivsdata må man definere andel fast bundet (dvs. ikke umiddelbart potensielt algetilgjengelig) P i partikler (mg P/kg partikler). Ofte må man estimere en del av disse tidsseriene basert på f.eks. lett algetilgjengelig P-fraksjon i TotP, siden data på f.eks. organisk løst P og andel fast bundet P ofte ikke finnes via vanlige overvåkingsprogrammer. Det må selvfølgelig være en konsistens mellom tidsseriene av de forskjellige P fraksjonene, slik at summen av de blir lik TotP hele tiden. Vanntemperatur kan ofte estimeres med tilstrekkelig presisjon ved hjelp av en glattet (f.eks. 5 dagers glidende gjennomsnitt) tidsserie av lufttemperatur.

Inngangsdatafilene og kravene til parameterverdiene og formatteringen av de tre Excel-filene som trengs for en MyLake modellapplikasjon, er beskrevet i mer detalj i Saloranta og Andersen (2004; 2005).

2. Datainnhenting og formattering

Hensikten med dette kapittelet er å klargjøre hvilke data som behøves for å kunne kjøre MyLake og INCA-P i et nedbørfelt eller en innsjø de tidligere ikke er blitt satt opp for, samt gi noen råd i form av nødvendige tilpasninger av data. Når det gjelder MyLake synes arbeidet med tilpasning av data å være relativt beskjedent, mens tilsvarende arbeid med INCA-P synes å være langt større. Det gjelder særlig de areal-distribuerte dataene (arealbruk, utslipp fra renseanlegg og spredt bebyggelse) som krever relativt detaljert kjennskap til ArcGIS eller lignende programvare for å beregne nøkkeltall INCA-P krever for hvert delnedbørfelt.

2.1 Datainnhenting

Nødvendige data for å kjøre MyLake og INCA-P hentes fra et utall forskjellige kilder. I tabell 2.1 er de forskjellige datatypene listet samt beskrevet hvordan man enklest kan få tilgang til disse.

Tabell 2.1. Tabellen viser de viktigste datatypene i forbindelse med modellering med INCA-P og MyLake, kildene til disse dataene og veiledning ved uthenting av dataene.

Datatype	Anvendt av (MyLake/INCA-P)	Datakilde og tilgang
Kart over nedbørfelt og delnedbørfelt, generelle grunnlagskart	INCA-P	<p>Register over nedbørfelt i Norge (REGINE) er den hydrografiske inndelingen av Norge (utarbeidet av NVE) og dekker landarealet og kystarealet så langt ut det finnes øyer. Norge er delt i ca 20000 REGINE-enheter.</p> <p>Vassdragsområder består av regineenheter. Både vassdragsområder og regineenheter finnes som shapefiler hos NIVA på filserveren: K:\Kart.</p> <p>REGINE er også tilgjengelige på wms-format (web map service) via den nasjonale kartportalen på www.geonorge.no.</p> <p>Norge digitalt (www.norgedigitalt.no) er et bredt samarbeid mellom virksomheter som har ansvar for å fremskaffe stedfestet informasjon og/eller som er store brukere av slik informasjon. Norge digitalt-samarbeidet har sin forankring i Stortingsmelding nr. 30 (2002-</p>

		<p>2003), "Norge digitalt" - et felles fundament for verdiskaping. NIVA er fom. 2006 medlem av Norge digitalt-samarbeidet ved å betale en årlig avgift som gir oss tilgang til kartdata.</p> <p>Nedlastingsrutinene for data fra Norge Digitalt er foreløpig fil-basert og er tilgjengelig via ftp://brukernavn:passord@ftp.statkart.no, hvor gjeldende brukernavn og passord må settes inn.</p> <p>Brukernavn og passord kan fås ved å henvende seg til seksjon 316- Miljøinformatikk. En ny ordning for nedlasting og adgangskontroll skal tre i kraft tidlig i 2007. Seksjon 316 vil sjekke ut den nye ordningen og publisere info om hvordan det best mulig kan hente data til NIVA-prosjekter.</p>
Hypsografisk kurve	MyLake og INCA-P (via HBV)	<p>En hypsografisk kurve beskriver forholdet mellom dybde og horisontalt overflateareal i en innsjø og høyde og areal i et nedbørfelt.</p> <p>Innsjø: For å bestemme volumet for alle de vertikale lagene som simuleres i en innsjø trenger man informasjon om dybdeforholdene i den aktuelle innsjøen. Dybdeforholdene defineres i en av MyLakes inngangsdatafilene i form av innsjøens horisontale overflatearealer ved forskjellige vanndybder (hypsografisk kurve). Slik informasjon kan være allerede tilgjengelig, eller dette kan nok så lett estimeres vha. f.eks. GIS-verktøy ut fra et digitalt kart. Hvis man har informasjon om kun maksimal dybde, kan en bestemt ideal geometrisk innsjøform (f.eks. "conical"; se f.eks. Kalff (2002)) benyttes for å beregne overflatearealer ved forskjellige dybder.</p> <p>Nedbørfelt: En hypsografisk kurve for et nedbørfelt kan beregnes i et GIS-verktøy hvis man har en DEM (digital elevation model) tilgjengelig (se mer detaljer om dette i avsnitt 2.2).</p> <p>Det gjøres også oppmerksom på at man kan hente ut hypsografisk kurve for areal oppstrøms NVE's målestasjoner fra NVE HYDRA II-databasen via Hysopp-portalen inne i systemet.</p> <p>Meteorologiske data kan hentes fra klima som er Meteorologisk institutt sin tjeneste for uthenting av klimadata. Tjenesten er gratis og alle kan opprette en brukerkonto med brukernavn (e-post adressen din) og passord. Adressen er: http://eklima.no</p> <p>I og med at tjenesten nå er åpen for alle skilles det ikke lenger på privatkunde og bedriftskunde, slik at man vil som privatkunde få tilgang til alle data i databasen, det er derfor ikke nødvendig med bedriftskundennummer.</p>
Meteorologi	MyLake og INCA-P	

		<p>For å hente ut døgndata velger man menypunktet <i>døgn</i> og velger periode man ønsker data for og angir parametere og fylke og velger deretter ønskede stasjoner. Dataformat kan man velge selv, hvor excel eller tekstformat er ofte mest hensiktsmessig. Vær oppmerksom på at generering av excelformaterte filer generelt tar lengre tid enn filer i tekst- og html-format.</p> <p>For døgnverdier gjelder følgende som standard: Temperaturdøgnet går fra 18.00 UTC (19.00 norsk normal tid) foregående døgn til 18.00 UTC i det døgnet verdien er datert. Nedbør går fra 06 UTC (07.00 norsk normaltid) foregående døgn til 06 UTC det døgnet verdien er datert.</p> <p>Data man henter ut kan man enten velge å få automatisk tilsendt via e- mail eller manuelt hente ut av brukeren under menypunktet Rapportinfo/resultat (dvs. 'Min eklima').</p> <p>NIVA abonnerer på NVE sin HYDRA II tjeneste. Det gir oss tilgang til vannføringsdata for NVE sine stasjoner. Det er begrensede antall brukerkontoer.</p> <p>For å benytte tjenesten må man installere en terminalklient. Man må først logge på via en web-basert VPN-klient (som krever at Java2 er installert) deretter logger man på NVE's system via terminalklienten. Adressen for VPN-klienten er: http://vpn.nve.no/get/portal Mer detaljert informasjon om HYDRA II finnes på NIVA's K-område: K:\Prosjekter\HydraII</p> <p>Man kan hente ut data med døgn-, måneds- eller årsoppløsning og for noen stasjoner også enda mer finoppløste data. Standard tidsperiode for døgnmidler er kl 00-24. Systemet gir mulighet til å justere tidsperiode man vil midle eller aggregere data for.</p> <p>Vannføringsdata benyttes til å kalibrere HBV/INCA-P, og vannføring i tilførselselvene benyttes som inngangsdata i MyLake.</p>
Hydrologi	MyLake og INCA-P	
Vannkjemi	MyLake og INCA-P	<p>Tidsserier eller enkeltobservasjoner av vannkjemi (TotP, klorofyll, suspendert stoff, løst uorganisk P, etc.) kan brukes både som pådriv til MyLake (hvis modellen kjøres frakoblet fra INCA-P) eller til å kalibrere og evaluere modellresultater av både INCA-P og MyLake. Bruk av slike observasjoner som pådriv i MyLake krever at riktig format på inngangsdata brukes (se Saloranta og Andersen, 2004; 2005), mens for modellkalibrering og -evaluering må innlesing av disse data skrives (kodes) inn i modellapplikasjonsfilen for hver applikasjon. Vannkjemidata stammer vanligvis fra overvåkingsprogrammer eller enkeltundersøkelser og kan ofte være samlet inn av flere institutter gjennom tiden, og</p>

		<p>samling av en god representativ tidsserie kan dermed ofte kreve noe arbeid.</p> <p>Vannkjemidata, dvs. Total P, SRP (løst, reaktivt P) og sekundært suspendert stoff, turbiditet eller lignende som beskriver partikkelkonsentrasjoner i vannmassene, brukes også til å kalibrere INCA-P.</p> <p>Vannkjemidata skal være tilgjengelig gjennom SF-Ts databaser (www.miljostatus.no), men det er imidlertid grunnlag for å tro at man ikke finner alle tilgjengelige data der. Det anbefales derfor å ta kontakt med aktuelt fylkemanskontor (miljøvernavdelingen) i det fylket man ønsker å utføre modelleringen, og evt. i kommunene. Det er også verdt å merke seg at flere av kommunene i Østfold, Akershus og Vestfold benytter AquaMonitor som er et Web-basert database/GIS-verktøy for lagring og presentasjon av overvåkingsdata, drevet av NIVA.</p>
Utslipp fra renseanlegg	INCA-P	<p>Kommunene skal rapportere utslipp fra sine renseanlegg til Statistisk Sentralbyrås database KOSTRA (www.ssb.no/kostra). Det skal årlig rapporteres blant annet ID for de enkelte anlegg, kommune, koordinater, TotP og TotN inn og ut av anlegg.</p> <p>Det viser seg imidlertid at det er en del feilrapportering av disse dataene slik at data som NIVA benytter til den årlige TEOTIL-rapportering kvalitetsikres og tilrettelegges av SSB spesielt for NIVA. Ved bruk av utslippsdata fra renseanlegg til INCA-P modellering anbefales det derfor å ta kontakt med seksjon 316 – Miljøinformatikk (JSE/TJO) for tilgang til disse dataene. Selv om TEOTIL-filene er organisert pr statistikkområde skal det altså finnes (antageligvis i originalfiler fra SSB) koordinater for det enkelte anlegg slik at inndeling av anlegg pr delnedbørfelt skulle være en enkel operasjon i et GIS-verktøy.</p> <p>Fylkesmennene legger også ofte ut informasjon om utslipp fra fylkets renseanlegganlegg, og da gjerne under for eksempel temaet ”Regionale miljøprogram”.</p>
Utslipp fra spredt bebyggelse	INCA-P	<p>Tilsvarende som for utslipp fra renseanlegg rapporterer kommunene informasjon om utslipp fra spredt bebyggelse til SSB-databasen KOSTRA (www.ssb.no/kostra). Kommunene rapporterer imidlertid som regel kun én samleverti for hele kommunen, og ingen informasjon pr anlegg. Fordeling av denne verdien på delnedbørfelt kan derfor være vanskelig selv om man kan ta hensyn til bosettingsmønster og lignende. Til dette kan man benytte GAB-registeret, men dette registeret gir ingen informasjon om type renseløsning, hvilke rensedestrikt husene hører til osv.</p>

		<p>BIOFORSK (kontakt: Lillian Øygarden/Per Kraft) har imidlertid utført en kartlegging av spredt avløpsløsninger i enkeltkommuner som de har lagt inn i sitt system "GIS i avløp", www.bioforsk.no/dok/senter/jordmil/aas/jordnat/gis_avlop.htm. Dette systemet inneholder mye mer detaljerte data enn hva kommunene rapporterer til KOSTRA og gir informasjon om lokalisering av enkeltanlegg, anleggstype (som gir renseeffekt), hvor mye som slippes ut fra det enkelte anlegg pr år, avstand til lokal resipient og derigjennom også en eventuell lokal retensjon.</p>
Arealbruk	INCA-P	<p>Primærdatakilden til arealbruksinformasjon er Norsk institutt for skog og landskap (deler av dette institutt var tidligere NIJOS). De utfører landsdekkende kartlegginger av arealbruk, men det er usikkert om dette arbeidet er ferdigstilt for hele landet. Fokusområder er imidlertid områder med jordbruksaktivitet, bebygde områder og næringsområder, slik at områder som er aktuelle å modellere med INCA-P trolig er dekket av eksisterende kartdatasett. Kartene er direkte nedlastbare fra Internett (www.skogoglandskap.no)</p> <p>I nedbørfelt med mye jordbruksaktivitet kan det være nødvendig med en mer detaljert oppdeling av ulike jordbruksarealer (vekster). Slike data kan for eksempel skaffes ved å koble data fra søknader om produksjonstilskudd, som bl.a. BIOFORSK har tilgang til, mot kartdata. Det bør derfor i slike tilfeller tas kontakt med BIOFORSK (kontakt: Stein Turtumøygard) for å få tilgang til et mer detaljert datagrunnlag.</p> <p>Via Hysopp-portalen inne i NVE's HYDRA II database kan man hente ut grov arealfordeling for nedbørsfelter oppstrøms NVE stasjoner. De arealkategoriene som oppgis er: 'myr', 'sjø', 'skog', 'snaufjell', 'bre', 'dyrkingsgrad' og 'urbaniseringsgrad'. Detaljering av jordbruksareal finnes ikke her.</p>
Gjødslingsnivå og fordeling over året	INCA-P	<p>Mengde av- og tidspunkt for spredning av gjødsel kan variere mye, både i forhold til vekster og fra bruk til bruk. Det kan lastes inn tidsserier for gjødsling via en egen inndatafil til INCA-P, men detaljeringsnivået i forhold til gjødslingspraksis begrenses av de maksimalt 6 arealkategoriene som kan defineres innenfor modellen. Det anbefales å bruke generaliserte gjødslingsdata, basert på eksisterende kunnskap og anbefalinger (håndbøker, fagrapporter, etc.), samt generell praksis i det aktuelle området. Se kap. 2.5 for mer detaljer om dette emnet.</p>

2.2 Hypsografisk kurve for nedbørfeltet basert på DEM

I modelleringssammenheng trenger man i noen tilfeller hypsografisk kurve for nedbørfeltet, som for eksempel ved bruk av HBV-modellen. Hypsografisk kurve angir høyde-areal fordeling av feltet, eller prosentvis hvor mye av feltet som er under en viss høyde. I HBV modellen deles nedbørfeltet vanligvis inn i 10 høydesoner (soner mellom to høydenivåer) basert på laveste punkt og høyeste punkt i feltet, i tillegg til ni høydenivåer vanligvis basert på høydenivåer for 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % av feltarealet.

Hypsografisk kurve kan genereres via GIS-verktøy om man har digital høydemodell for feltet (DEM). Grunnlagsfil for hypsografisk kurve kan genereres ved ArcGIS 9 med spatial analyst på følgende måte:

- Man trenger fil/lag som angir grensene for feltet/feltene (.shp) som skal modelleres og DEM for hele området, la disse være skrudd på.
- Velg så menyknappen 'Toolbox' i ArcGIS og deretter 'Spatial Analyst', her velges 'Zonal'.
- Velg videre 'Tabulate Area'. Angi her i *field1* laget som angir feltgrensene, *field2* ID (alle feltene må ha unik ID dersom man har flere felt), *field 3* DEM'en, *field 4* hvor resultatet skal lagres og i *field5* cellestørrelse.

Resultatfilen angir høydenivå og verdi for hvert høydenivå, hovedsakelig som areal (m²), i noen tilfeller også som "count" dvs. antall celler, man kan da beregne areal basert på cellestørrelsen som benyttes (oppløsningen på kartgrunnlaget). Basert på resultatfilen kan man generere hypsografisk kurve ved å summere opp arealet for cellene og beregne prosentvis andel av totalareal for hvert høydenivå.

Tabell 2.2. Tabellen viser et eksempel på fil generert fra ArcGIS 9. Tabellen inkluderer kun deler av feltene. I tabellen er det en kolonne per nedbørfelt (ID_1-ID_4) og det angis areal (m²) for hvert høydenivå.

VALUE	ID_1	ID_2	ID_3	ID_4
51	0	0,000	1875	160625
52	0	3750	9375	154375
53	0	11250	14375	192500
54	0	23125	54375	209375
55	0	21250	93750	228750
56	0	13125	100000	264375

VALUE= høydenivå i meter

Tabell 2.3. Tabellen viser et eksempel på bearbeidet tallgrunnlag fra ArcGIS. Tabellen inkluderer her kun deler av feltet (21,3 %). ”% av totalt areal” angir hypsografisk kurve.

Høyde (m)	Areal (m ²)	Akkumulert areal (m ²)	% av totalt areal	Antall celler (25x25 m)
93	293125	4370625	8,6	469
94	371250	4741875	9,4	594
95	362500	5104375	10,1	580
96	420625	5525000	10,9	673
97	575000	6100000	12,1	920
98	765000	6865000	13,6	1224
99	1409375	8274375	16,4	2255
100	1711250	9985625	19,8	2738
101	755625	10741250	21,3	1209

Tabell 2.4. Tabellen viser et eksempel på hypsografisk kurve for hele feltet.

Hypsografisk kurve	Høyde (m)
Min (0%)	51
10 %	95
20 %	100
30 %	108
40 %	114
50 %	119
60 %	125
70 %	137
80 %	157
90 %	182
maks (100%)	250

2.3 Om bearbeiding av arealbruksdata i GIS

Det antas at arealbruksdataene som er blitt gjort tilgjengelig (via for eksempel Norsk institutt for skog og landskap) foreligger som en en kartfil som er blitt lastet inn i ArcGIS. Arealbruksfila består da av et antall polygoner som hver beskriver den bestemte arealtypen det omfavner, for eksempel ”våtmark”, ”dyrka mark”, ”vann”, osv. Samtidig har man et karttema som viser delnedbørfeltene modellstudien er delt inn i, også bestående av polygoner. For å beregne hvor store andeler av hver arealkategori som befinner seg innenfor hvert av delnedbørfeltene må man knytte disse 2 polygon-temaene sammen gjennom en areal-analyse. I ArcGIS kan man benytte ”intersect”-funksjonen til dette. Denne er tilgjengelig gjennom ArcToolbox og Analysis Tools | Overlay. Resultatet av en ”intersect”-analyse er et nytt karttema i ArcGIS. Dette temaet arver egenskaper fra de opprinnelige temaene og mulig areal-informasjon i egenskapstabellen til det nye temaet er dermed med stor sannsynlighet ikke lenger korrekt. Arealene til de nye polygonene i det nye karttemaet (”intersect-temaet”) må derfor beregnes på nytt. Dette kan også utføres i ArcToolbox, gjennom bruk av Spatial Statistics Tools | Utilities.

Vær oppmerksom på at det opprinnelige arealbrukstemaet ikke nødvendigvis dekker delnedbørfeltene fullstendig, slik at en korreksjon av dennes areal i forhold til delnedbørfeltenes areal kan være nødvendig.

2.4 Om interpolering av data i tid og rom

Nedbør og temperatur vil variere i rommet med bl.a høyde over havet og nærhet til havet. Særlig nedbør har egenskaper som kan gjøre den vanskelig å interpolere riktig. For å tette hull i måleserier kan man bruke ulike former for interpolasjon; lineær tidsinterpolasjon, regresjon med en egnet stasjon i området eller romlig interpolasjon.

For interpolering ved regresjon vil det være gunstig å etablere regresjonsuttrykk for hver måned, eventuelt sesong, da det oftest er stor variasjon gjennom året. Ved regresjonsuttrykk for nedbør på døgnbasis vil det som regel være best å droppe intercept-leddet og kun bruke skaleringsfaktor fordi man ellers vil kunne få en for "våt" eller "tørr" modell, avhengig om konstantleddet er positivt eller negativt i regresjonsuttrykket, når serien man bruker for regresjon, har null nedbør.

Meteorologisk institutt (met.no) ved Ole Einar Tveito har utviklet et program som utfører romlig interpolasjon for døgnverdier ved bruk av GIS, som blant annet benyttes i utvikling av snø- og avrenningskart for Norge (Tveito et al., 2000 og Tveito et al., 2005). Ved større jobber kan man vurdere å kontakte dem for å utføre interpolasjon av meteorologiske serier. Den romlige fordelingen av temperatur beregnes da ved hjelp av residual interpolering (kriging). Metoden er basert på temperaturens samvariasjon med høyde over havet og grad av kontinentalitet. Nedbøren interpoleres ved triangulering og det brukes observert nedbør som korrigeres for oppfangingsvikt basert på stasjonens eksponering for vind og om nedbøren kommer som regn, snø eller en blanding av regn og snø. Nedbørens form bestemmes ut fra observert eller interpolert temperatur for stasjonen. To triangelnett lages mellom stasjonene, et for korrigert nedbør og ett for stasjonshøyde slik at det tas hensyn til nedbørens økning med høyden (kilde: met.no).

Det hender at meteorologiske stasjoner flyttes i løpet av måleperioden og opprettes med nytt nummer. I noen tilfeller kan slike serier slås sammen for modelleringsformål. Det vil avhenge av bl.a høyde over havet og om det er inversjonsproblematikk (tilfeller hvor temperaturen stiger med høyden). Det kan være lurt å sjekke med met.no som drifter målenettet før man foretar en sammenslåing av stasjoner.

MyLake interpolerer automatisk tidsserier av pådrivsdata til de aktuelle simuleringsdagene. Tross dette er det likevel anbefalt å gi MyLake komplette tidsserier, dvs. gjøre interpoleringen utenfor MyLake før data settes inn i inngangsdatafilene, for å bevare kontrollen og vite hvor lange perioder man har måttet interpolere over for å rekonstruere manglende verdier i tidsserien.

2.5 Bruk av erfaringsdata fra landbruket

Ved modellering kan man bruke generaliserte gjødslingsdata, basert på eksisterende kunnskap og anbefalinger (håndbøker, fagrapporter, etc.), samt generell praksis i det aktuelle området. BIOFORSK har ansvar for et nasjonalt overvåkingsprogram for landbruksdominerte nedbørfelt, JOVA - Jord og vannovervåking i landbruket. JOVA-programmet har et landsdekkende nett av målestasjoner i små nedbørfelt dominert av jordbruk, og gjennom fagrapporter fra programmet kan en skaffe seg informasjon om gjødslingspraksis innenfor ulike regioner i Norge (eksempelvis Bechmann et al., 2005). Denne, og flere av fagrapportene er tilgjengelige via lenken:

<http://www.bioforsk.no/LoadPage.aspx?page=http://www.bioforsk.no/dok/senter/jordmil/aas/jova/jova2006.htm&ResearchAreaID=10> .

Gjødslingshåndboka er tilgjengelig via:

<http://www.bioforsk.no/dok/senter/ost/ape/gjodslingshandbok/gjodslingshandbok.html>

I tabell 2.5 er det gitt et eksempel på tilrettelegging av gjødslingsdata for Vansjø/Hobøl-vassdraget. Gjødslingsdataene er basert på data innhentet fra fagrapporter, etc. og delt opp i forhold til de vanligste vekstene. Det er delt inn i tre gjødslingsperioder á 10 dager; vår (25/4-4/5), sommer (10-19/6) og høst (1-10/9). Dette gir et veldig forenklet bilde av den virkelige gjødslingsaktiviteten i området, og tidspunktene kan lett justeres via inndatafilene, f.eks. i forbindelse med kalibreringsprosessen.

Tabell 2.5. Forslag til generaliserte gjødslingsdata for Vansjø/Hobøl-vassdraget tilrettelagt for INCA-P. Dataene er ikke testet i forbindelse med kalibrering av modellen til vassdraget og må derfor betraktes som foreløpige. Verdiene er gitt i enheten kg P/da/år.

	Gras		Korn/oljevekster		Potet		Grønnsaker	
	Kunstgj.	Husdyrgj.	Kunstgj.	Husdyrgj.	Kunstgj.	Husdyrgj.	Kunstgj.	Husdyrgj.
Vår	1,4	0,2	1,4	0,3	4,0	1,0	4,0	
Sommer	0,2		0,2				0,5	
Høst	0,4	0,1	0,4				0,5	
SUM	2,0	0,3	2,0	0,3	4,0	1,0	5,0	0,0

3. Modellenes egnethet i tiltaksplanlegging

Når vi omtaler tiltaksplanlegging i denne rapporten tenker vi på tiltak mot uønsket eutrofiering i elver og innsjøer. Responsen på eutrofiering i innsjøer, hvor hovedproblemene befinner seg, måles i algebiomasse og analysevariabelen er gjerne klorofyll-a (kl-a). Økningen i algebiomasse er oftest styrt av tilgangen på næringsstoffer, det vil si nitrogen og fosfor, hvorav sistnevnte vanligvis er begrensende for algevekst i ferskvann. Både INCA-P og MyLake håndterer avrenning, omsetning og effektene av tilførsler av fosfor. Modellene er kun vurdert opp mot tiltak mot uønsket eutrofiering, og rapporten er følgelig begrenset til tiltak rettet mot redusert avrenning/utslipp fra land og intern mobilisering av fosfor i vannforekomstene.

Det må understrekes at vurderingene av modellenes egnethet til å simulere de definerte tiltakene er basert på forfatterenes ekspertskjønn. Våre kriterier for å vurdere om modellene er egnede eller ikke til å simulere tiltakene går på hvorvidt den aktuelle prosessen som blir påvirket av tiltaket er representert i modellen og hvor direkte denne prosessen evt. kan påvirkes enten gjennom å manipulere en inndataserie eller ved å justere en modellparameter. En eksplisitt representasjon av tiltaket i modellen, gjennom for eksempel å bytte ut én inngangsdataserie med en annen eller ved å manipulere en prosessparameter som direkte påvirkes av tiltaket, anses å være bedre enn en mer implisitt representasjon av tiltaket. Et eksempel på sistnevnte kan være at representasjonen av et tiltak krever en justering av en mer eller mindre ikke-fysikalsk parameter i modellen.

Selv om en modell i utgangspunktet skulle representere et tiltak godt, så er dette ingen garanti for at modellen faktisk vil simulere effekten av dette tiltaket korrekt. Gjennom AquaPol-prosjektet (Bakken et al., 2006) ble 3 forskjellige modeller anvendt parallelt i et landbruksdominert nedbørfelt i Ungarn. Et sett med tiltak ble definert, scenarier kjørt med alle 3 modeller og modellene viste seg å simulere responsen på disse tiltakene svært forskjellig. Korrekt respons på disse tiltakene er naturlig nok ikke kjent da tiltakene var rent teoretiske, men eksemplet viser et nytt dilemma vedrørende bruk av modeller i tiltaksplanlegging. Det er, så langt forfatterne kjenner til, få eller ingen publiserte undersøkelser hvor modellene er blitt verifiserte mot virkelige iverksatte tiltak.

3.1 Modellering av tiltak i nedbørfeltet

Den primære strategien i forbindelse med tiltaksplanlegging mot eutrofiering vil alltid være å redusere tilførselene av næringssalter til problemresipientene. Kildene til disse befinner seg som regel i nedbørfeltet til resipienten. Det er vanlig å kategorisere kildene sektorvis:

- kommunaltekniske tiltak
- tiltak innen spredt bebyggelse
- tiltak innen industri
- tiltak i tilknytning til landbruket

I enkelte tilfeller kan også naturlig bakgrunnsavrenning fra landområder (fjell og skog) samt direkte avsetninger gjennom deposisjon utgjøre betydelige bidrag. Det er imidlertid sjeldent det vurderes tiltak direkte mot disse kildene og dette vurderes derfor ikke i denne rapporten.

I tabell 3.1 er det sammenstilt aktuelle tiltak i nedbørfeltet for reduksjon av avrenning/utslipp av næringsstoffer til resipienter. Oversikten er basert på Skiple Ibrekke (2004), SFT (1998) og dels forfatterens eget kjennskap til fagområdet. Modellering av tiltak i selve nedbørfeltet foregår oppstrøms problemresipienten og tiltakene er følgelig kun relevante for nedbørfeltmodellen INCA-P.

Tabell 3.1. Tabellen viser en oversikt over mulige tiltak mot avrenning/utslipp av næringssalter fra nedbørfelt til resipienter og en vurdering av INCA-P sin egnethet til å representere disse tiltakene.

Beskrivelse av tiltak	Sektor	Vurdering av modellenes evne til å representere tiltaket
Tiltak på nedslagsfeltets overflater og områder før tilførsel til ledningene (kontrollert infiltrasjon, fordrøyning og utjevning, etc)	Kommunal	INCA-P inkluderer utslipp fra kommunale kilder som én eller flere tidsserier med døgnoppløsning, og knyttes opp mot en av delnedbørfeltene modellapplikasjonen er delt inn i. Endringer i effluent og effekten på transport og omsetning av fosfor kan derfor inkluderes i en nedbørfeltanalyse med INCA-P. INCA-P modellerer imidlertid ikke selve tiltaket og hvilken reduksjon i utslipp/avrenning dette bestemte tiltaket gir. Renseeffekten ved lokaliteten tiltaket settes inn må derfor framskaffes gjennom en dedikert modell for dette, evt. baseres på ekspertskjønn. Ettersom INCA-P opererer på delnedbørfelt (eller lignende) som romlig enhet og disse enhetene håndteres som homogene enheter vil det være visse begrensninger vedrørende romlig analyse av tiltak innenfor det enkelte delnedbørfelt. Det vil for eksempel ikke være mulig å analysere effekten av ulike lokaliseringer et tiltak innenfor et delnedbørfelt ettersom tiltakene innenfor samme felt uansett blir aggregert opp til delnedbørfelt som romlig enhet.
Tiltak på ledningsnett (reduert utlekking, redusert forurenset vann til overløp, etc)	Kommunal	INCA-P modellerer ikke tiltaket direkte, men inkluderer renseeffekten av tiltak som en endring i en inngangsdataserie (se mer utfyllende detaljer over).
Tiltak på renseanlegg (oppgradering gjennom forbedret renseeffekt, redusert forurenset vann til	Kommunal	INCA-P modellerer ikke tiltaket direkte, men inkluderer renseeffekten av tiltak som en endring i en inngangsdataserie (se mer utfyllende detaljer over).

overløp, etc)		
Oppgradert rensing ved utslippspunkt (installasjon av slamavskiller, mini-renseanlegg, sandfilter, tilknytning til RA, etc)	Spredt bebyggelse	Utslipp fra spredt bebyggelse gis inn som en tidsserie, med døgnoppløsning, som inngangsdata til modellen, på tilsvarende måte som kommunale kilder. Tidsserien knyttes opp mot det delnedbørfeltet utslippet er lokalisert. En oppgradert rensing av spredt bebyggelse innenfor delnedbørfeltet kan ikke modelleres direkte og må derfor basere seg på resultater fra for eksempel BIOFORSKs "GIS i avløp", www.bioforsk.no/dok/senter/jordmil/aas/jordnat/gis_avlop.htm .
Forbedret rensing av prosessvann (installasjon og/eller oppgradering av renseteknologi)	Industri	På samme måte som for de kommunale kildene og spredt bebyggelse gis utslipp fra industri inn som en tidsserie som angir utslippsverdier på døgnbasis og knyttet opp mot delnedbørfelt. Utslippsreduksjon som følge av oppgradert rensing kan ikke modelleres direkte i INCA-P. Se også kommentar for de kommunale kildene.
Endret gjødslingspraksis (nivå, fordeling uorganisk/organisk, tidspunkt for gjødsling, etc)	Landbruk	INCA-P kan ta inn slike data via en egen inndatafil med tidsserier for gjødsling (uorganisk, organisk) innenfor de 6 definerte arealkategoriene, og slike tiltak kan følgelig modelleres direkte.
Endret praksis for jordbearbeiding (tidspunkt/retning for pløying, fangvekster, etc)	Landbruk	Modellen tar ikke hensyn til jordbearbeiding, med mindre arealer med spesiell jordbearbeiding inkluderes som en egen arealkategori. Det er mulig å legge inn flere vekstperioder i modellen.
Arealbruksendringer (endring av veksttyper, dyrket mark omgjort til utmark/skog, etc)	Landbruk	Dette kan ikke legges inn som dynamiske tidsserier, men via parameterfilen. Effekten av arealbruksendringer kan derfor vurderes ved å kjøre modellen flere ganger, med ulike scenarier for arealbruksendring.
Hydro-tekniske tiltak (fangdammer, erosjonssikring, etablering av gressdekte vannveier, vegetasjonssoner, etc)	Landbruk	Dette kan ikke representeres direkte i modellen slik den foreligger nå. På sikt er det planlagt en sammenslåing av INCA-P og INCA-Sed (partikkeltransport-modell), noe som sannsynligvis vil inkludere muligheter til å simulere aktuelle tiltak mot erosjon.
Reduksjon av punktkilder (utslipp/lekkasjer fra siloer, gjødselslagre, etc)	Landbruk	Dette kan representeres gjennom egen inndatafil med tidsserier for direkte utslipp ('effluent inputs'). Dataene foreligger som vannmengde (i m ³ /s) og konsentrasjon (mg/L) i avløpsvannet, innenfor hvert enkelt delnedbørfelt som er definert for vassdraget. Se også kommentarene for de kommunale kildene.
Overføring av vann fra nabovassdrag inn i nedbørfeltet (vannveiene)	Kommunal/regional/nasjonal	Overføring av vann fra nabovassdrag som tiltak for uttynning av vann i problemvassdrag kan vanskelig modelleres av INCA-P. Vannvolumet som modellen beregner vannføring,

		konsentrasjoner og stofftransport utfra gis inn i form av nedbør som deretter korrigeres for tilbakeholdelse (snø, is og endring i lagret markvann/grunnvann) og fordampning. Et tillegg i vannmengde fra nabovassdrag måtte derfor evt. inkluderes i form av en oppjustering av nedbør, reduksjon av fordampning eller lign. og anbefales at ikke utføres, da dette synes å være metodisk uakseptabelt og uheldig med tanke på modelleringens troverdighet.
--	--	--

3.2 Modellering av tiltak i innsjøer

I arbeidet med tiltaksplanlegging i eutrofe innsjøer ser man som regel først på mulige tiltak for fjerning av eksterne tilførsler, det vil si fjerning av tilførslene som kommer fra landarealene i nedbørfeltet. Når disse tiltakene enten er iverksatt eller ytterligere tiltak i nedbørfeltet er vanskelige å gjennomføre av tekniske, økonomiske eller politiske årsaker og innsjøen fortsatt opplever store eutrofieringsproblemer, er det i enkelte tilfeller (Berge, 2004) forsøkt anvendt innsjøinterne tiltak for å redusere uønsket algeoppblomstring.

Modellering av tiltak i selve innsjøen foregår nedstrøms INCA-P og disse tiltakene er følgelig kun relevante for innsjømodellen MyLake.

Berge (2004) og Faafeng (1993) har begge sammenstilt en rekke mulige innsjøinterne restaureringstiltak. Tiltakene listet i tabell 3.2 er framkommet fra disse kildene og MyLakes evne til å simulere disse tiltakene er basert på ekspertskjønn.

Tabell 3.2 viser en oversikt over mulige innsjøinterne tiltak og MyLakes evne til å representere disse tiltakene.

Beskrivelse av tiltak	Vurdering av MyLakes evne til å representere tiltaket
Fortynning og utspyling med renere vann direkte i innsjøen	Kan enkelt representeres i modellen ved å bruke skaleringsparametere for, eller modifisere selve tidsserier for vannføring og vannkjemi i pådrivsdata.
Lede eventuelle restutslipp ut på dypt vann	Krever modifisering av koden
Direkte kjemisk felling i innsjøen	Ikke velegnet
Uttapping av næringsrikt bunnvann	Krever modifisering av koden
Hypolimnion lufting	Foreliggende versjon simulerer ikke oksygen, men er ventet i kommende versjon (versjon 1.3)
Destratifisering	Kan representeres indirekte ved å øke hypolimnetisk diffusjonsparameter, ellers kreves modifisering av koden
Fjerning/tildekking av forurensede sedimenter	Kan representeres i modellen
Oksidasjon av forurensede sedimenter	Kan representeres i modellen ved å forandre parameteren på andel labil P i sedimentet

Behandling med algegifter	Kan representeres i modellen ved å forandre parameteren på algenes spesifikk tapsrate
Reduksjon av mengden dyreplanktonspisende fisk, enten ved utfisking eller ved å sette ut en egnet rovfisk	Kan representeres i modellen ved å forandre parameteren på algenes spesifikk tapsrate
Høsting av vegetasjon	Ikke velegnet
Heving av vannstanden	Ikke velegnet

3.3 Simulering av scenarier for framtidige endringer i klima

Den beste måten å simulere scenarier av effekter av framtidige endringer av klima på vassdrag og innsjøer er ofte å bruke tidsserier av prediksjoner av fremtidig vær fra klimamodeller som pådriv for innsjø og vassdragsmodellene. Vanligvis tar klimamodellørene først prediksjoner fra en klimamodell med grovere romlig oppløsning, men som dekker hele jordkloden (så kalt general circulation model, GCM) som randbetingelser for å kjøre en mer regional klimamodell (f.eks. som dekker kun Norden) med mye høyere romlig oppløsning. Ved å "nøste" klimamodeller på en slik måte, kan man dynamisk nedskalere prediksjoner og oppnå bedre detaljbeskrivelse på mindre skala. Man kan også bruke observasjoner i slik nedskalering (statistisk nedskalering) fra en klimamodell med grovere oppløsning.

Det som er ofte felles mellom ulike klimamodeller, er normaltidsperioder over hvilke man definerer det simulerte været som klimaet (f.eks. 1961-1990 som kontrollperiode, og 2071-2100 som fremtidig predikert klima), og de ulike standardscenarier (se IPCC, 2001) på utvikling av CO₂ og andre klimagasser i atmosfæren. For å lettere kunne sammenligne prediksjoner av ulike klimaeffekter er det anbefalt å bruke slike standardscenarier.

Det finnes flere nettsteder og prosjekter som tillater gratis nedlasting av tidsserier av værprediksjoner fra ulike klimamodeller. I disse tidsseriene finnes ofte en mengde forskjellige meteorologiske variabler på daglig oppløsning eller tom. hver 6. time. Dermed kan man ofte med kun moderate modifikasjoner bruke slike klimamodellprediksjoner direkte til å lage pådrivdatafiler for modeller som representerer været om f.eks. 100 år.

Meteorologi/klima er en av pådriverene i både INCA-P/MyLake og det antas at modellene er velegnet til å simulere klimascenarier. Anvendelser av MyLake i prosjektene THERMOS og EUROLIMPACS demonstrerte i så måte denne modellens nytteverdi i klimastudier. Et eksempel på bruk av INCA-N (nitrogenversjonen av INCA) i klimaeffektstudier er beskrevet av Kaste et al. (2005).

3.4 Følsomhets- og usikkerhetsanalyser

Utviklingen av MyLake modellen har hatt som mål å finne en god balanse mellom detaljeringsgraden av prosessbeskrivelsen, den romlige og tidsmessige oppløsningen, og tiden det tar å kjøre modellen på en PC. Denne balansen i MyLake muliggjør både 1) applikasjon av numeriske følsomhets- og usikkerhetsanalyser på modellen (Monte Carlo simulering), samt 2) økt innsikt over faktorer som er viktige for variasjoner i vannkvaliteten i en innsjø

som kan nåes ved den 1-dimensjonale oppløsningen med daglig tidssteg (sammenlignet for eksempel med 0-dimensjonale modeller der innsjøen antas å være en homogen velblandet boks). Følsomhetsanalyseteknikken Extended FAST er blitt mye brukt i MyLake applikasjoner og den har vist seg å være en god og generell teknikk for å finne de viktigste faktorene og parametere i modellen for en gitt type prediksjonsvariabel. Den tradisjonelle Monte Carlo usikkerhetsanalyseteknikken (Saloranta et al. 2006) er en lett og forståelig teknikk for å simulere effekten av usikkerheter i modellparametere på modellresultater, men Markov Chain Monte Carlo (MCMC) baserte teknikker bør vurderes å brukes i fremtiden for kombinert automatisk modellkalibrering og usikkerhetsanalyse, siden disse teknikker kan gi en mer realistisk estimat på prediksjonsusikkerheter enn tradisjonell Monte Carlo simulering. MCMC teknikker kan gjøre modellkalibreringen mer objektiv og automatisert, og kan effektivt identifisere bl.a. korrelasjoner mellom parametere og tilfeller der flere forskjellige kombinasjoner av parametere kan gi samme resultat.

4. Referanser

Bakken, T.H., Lázár, A., Szomolányi, M., Németh Á., Tjomsland, T., Selvik, J., Borgvang, S., & Fehér J. AQUAPOL-project: Model applications and comparison in the Kapos catchment, Hungary. NIVA report 4838, Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway. 164 s. 2006. ISBN 82-577-4907-9. Løpenr: OR-5189

Bechmann, M., Vandsemb, S.M, Eggestad, H.O., Skjevdal, R., Deelstra, J. og Øygarden, L. 2005. Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksarealer. Resultater fra Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) 2004/05. Jordforsk rapport nr. 103/05, 36 s.

Berge, D. 2004. Innsjøinterne- og hydrologiske tiltak i Bjørkelangensjøen. Delutredning i forbindelse med forenklet tiltaksanalyse for Haldenvassdraget. NIVA Rapport 4926-2004. ISBN 82-577-4617-7

Faafeng, B. 1993. Restaureringsstrategi for eutrofierte innsjøer., NIVA-rapport Lnr 2857: 73 sider.

IPCC (International Panel on Climate Change), 2001. *Climate Change 2001: Scientific basis*, edited by J. T. Houghton et al., Cambridge University Press.

Kalff, J., 2002. *Limnology*, Prentice Hall, New Jersey, 85-93.

Kaste, Ø., Wright, R.F., Barkved, L.J., Bjerkeng, B., Engen-Skaugen, T., Magnusson, J. and Sælthun, N.R. 2005. Linked models to assess the impacts of climate change on rivers and fjords. Results from a Strategic Institute Programme 2002-2004. NIVA Report 4949-2005. 60 pp.

Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan & J.R. Williams. Soil and Water Assessment Tool User's Manual, Version 2000, Texas Water Resource Institute, College Station, Texas, TWRI Report TR-192. 2002.

Saloranta, T. M. & Andersen, T., 2004. MyLake v. 1.1: Technical documentation & user's guide. NIVA report 4838, Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway.

Saloranta, T. M. & Andersen, T., 2005. MyLake v. 1.2: Technical model documentation & user's guide for version 1.2. Unpublished note, Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway.

Saloranta, T. M. & Andersen, T., 2006. MyLake – A lake simulation model suitable for sensitivity and uncertainty analysis, submitted manuscript.

SFT 95:02 Miljømål for vannforekomstene. Tilførselsberegning. Veiledning 95:02. TA-1139/1995), 70 sider.

Skiple Ibrekk, A., Barton, D.N., Lindholm, O., Vagstad, N., Iversen, E. & Berge, D. 2004. Systematisk gjennomgang av ulike miljøforbedrende tiltak og forslag til forbedring av metodikken ved tiltaksanalyser i lys av Rammedirektivet for vann. NIVA Rapp. 4777-2004. 72 s.

Sælthun, N. R. 1996. The "Nordic" HBV Model. Description and documentation of the model version developed for the project Climate Change and Energy Production, NVE Publication 7. Norwegian Water Resources and Energy Administration ISBN 82-410-0273-4, Oslo, 26 pp

Sælthun, N.R. & Barkved, L.J. 2003. Climate Change Scenarios for the SCANNET Region. NIVA Report 4663-2003, 70 pp.

Tveito, O.E., Bjørdal, I., Skjelvåg, A.O. & Aune, B. 2005. A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology, Meteorological Applications, 12:1:57-68.

Tveito, O.E., Førland, E.J., Heino, R., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Dahlström, B., Drebs, A., Kern-Hansen, C., Jónsson, T., Vaarby-Laursen, E. & Westman, Y. 2000. Nordic Temperature Maps, DNMI Klima 9/00 KLIMA

Wade, A. J., P. G. Whitehead & D. Butterfield. 2002. The Integrated Catchments model of Phosphorus dynamics (INCA-P), a new approach for multiple source assessment in heterogeneous river systems: model structure and equations. Hydrology and Earth system Sciences, 6(3), 583-606.